

УДК 389.14
АДАПТИВНАЯ МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СОСТАВА
ЖИДКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД

Р. И. ВОРОБЕЙ, О. К. ГУСЕВ, А. И. СВИСТУН, А. К. ТЯВЛОВСКИЙ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Решаемая задача заключалась в измерении концентрации жидких технологических сред в трубопроводах предприятий пищевой промышленности. Особенность задачи состояла в чередовании типов технологических сред (моющих растворов) в трубопроводе при отсутствии априорной информации о типе раствора в конкретной точке технологической линии в данный момент времени. Так, на предприятиях молокоперерабатывающей промышленности в качестве моющих растворов используются водные растворы электролитов – азотной кислоты HNO_3 и едкого натра (щелочи) NaOH [1]. Применяемые при этом средства измерений концентрации реализуют кондуктометрический принцип измерения [2], при этом их градуировочная характеристика зависит от типа измеряемого раствора (кислота или щелочь). Неверный выбор градуировочной характеристики приводит к ситуации несоответствия модели объекта измерений самому объекту и, как следствие, – к значительной методической погрешности измерения концентрации.

Применение методологии измерения параметров объектов в неопределенных состояниях [3] позволило разработать методику измерений, обеспечивающую разделение информативных параметров при односигнальных измерениях. Было показано [4], что измерение емкостной составляющей тока динамической поляризации в сочетании с измерениями тока активной проводимости позволяет получить информацию о типе измеряемого раствора, и за счет этого обеспечить адекватность модели объекта измерений самому объекту в методе измерения концентрации растворов электролитов априорно неизвестного состава.

В основу методики положена математическая модель выходного сигнала кондуктометрической ячейки в стационарных условиях:

$$R \frac{di}{dt} + \frac{C_a + C_k}{C_a \cdot C_k} \cdot i(t) = \frac{du(t)}{dt}, \quad (1)$$

где R – истинное сопротивление раствора; C_g – емкость двойного электрического слоя; C_s – емкость, отражающая процессы переноса заряда между электродом и раствором (фарадеевские процессы); $i(t)$ – ток кондуктометрической ячейки; $u(t)$ – напряжение на электродах кондуктометрической ячейки.

Методика предусматривает комбинирование двух режимов эксплуатации кондуктометрической ячейки:

1) $di/dt \gg i/RC$. В этом случае ток i определяется его компонентой i_R :

$$i(t) = i_R(t) = \frac{u(t)}{R} \quad (2)$$

Последняя связана как с концентрацией раствора электролита, так и с его типом.

2) $di/dt \ll i/RC$. В этом случае ток i определяется его компонентой i_C , которую назовем емкостным током или током динамической поляризации:

$$i(t) = i_C(t) = C(t) \frac{du(t)}{dt}. \quad (3)$$

Величина $C(t)$ зависит от типа электролита и не зависит от его концентрации в широком диапазоне значений последней. Выражения (2) и (3) составляют систему из двух уравнений с двумя неизвестными, однозначно разрешимую относительно значения концентрации раствора априори неизвестного состава при наличии модели зависимости параметра R от типа и концентрации раствора. Разработка последней представляет тривиальную задачу, решаемую с использованием методического аппарата физической химии. При этом следует отметить, что такая модель в качестве параметра в обязательном порядке содержит также температуру раствора электролита. В связи с этим, в дополнение к односигнальным двухрежимным измерениям токов активной проводимости и динамической поляризации кондуктометрической ячейки, в методику измерений должна быть введена дополнительная процедура – измерение температуры раствора. Результаты математического моделирования показали, что система уравнений и в этом случае остается однозначно разрешимой относительно концентрации измеряемого раствора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Брусиловский, Л. П.** Отраслевая система технических средств контроля и управления / Л. П. Брусиловский [и др.] // Молочная промышленность. – 1985. – № 9. – С. 5.

2. **Брусиловский Л. П.** Приборы технологического контроля в молочной промышленности : справ. / Л. П. Брусиловский, А. Я. Вайнберг. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1990. – 288 с.

3. Методология и средства измерений параметров объектов с неопределенными состояниями / Р. И. Воробей [и др.]. – Минск : БНТУ, 2009. – 586 с.

4. **Воробей, Р. И.** Методология многопараметрических измерений на основе односигнальных адаптивных моделей / Р. И. Воробей, А. И. Свистун // Наука – образованию, производству, экономике: материалы шестой междунар. науч.-техн. конф. – Минск, 2008. – Т. 1. – С.330.